

Пояснювальна записка
до дипломного проекту
на тему: «Система дистанційного управління
моделлю автомобіля»

Київ – 2019 рік

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Факультет інформатики та обчислювальної техніки
Кафедра автоматики та управління в технічних системах**

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ О.І. Ролік

“ ____ ” _____ 2019 р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

з напрямку підготовки 6.050103 «Програмна інженерія»

**на тему: «Система дистанційного управління моделлю
автомобіля»**

Виконав:

студент IV курсу, групи ІТ-41

Фролов Дмитро Андрійович _____

Керівник:

ст.викладач

Тимофєєва Ю.С. _____

Рецензент:

доц. кафедри ТК, к.т.н., доцент

Лісовиченко О. І. _____

Засвідчую, що у цьому дипломному
проекті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент _____

					ІТ41.280БАК.002 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис					
Розробив		Фролов Д.А.						
Перевірів		Тимофєєва Ю.С.						
Н. контр.								
Затв.								
					Літ.	Лист.	Листів	
					Т		6	76
					НТУУ «КПІ» ФІОТ			
					Група ІТ-41			

Київ – 2019 рік
АНОТАЦІЯ

Фролов Д.А. «Система дистанційного управління моделлю автомобіля». НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», Київ, 2019.

Дипломний проект присвячений розробці системи, яка являє собою тривіальну систему дистанційного управління, з метою розробки основ систем дистанційного управління та створенню системи для вдосконалення навичок з електроніки.

Текстова документація містить інформацію про призначення, проектування, розробку, та особливості роботи із програмною системою. Велика увага була приділена вибору технічних засобів для реалізації та проектуванню самої системи, з метою виділення важливих моментів при проектуванні подібних систем.

Ключові слова: система дистанційного управління, радіоканал, C, Keil, передача сигналу.

Розмір пояснювальної записки – 91 аркушів, містить 10 ілюстрацій, 8 таблиць.

					ІТ41.280БАК.002 ПЗ		
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис				
Розробив	Фролов Д.А.						
Перевірів	Тимофєєва Ю.С.						
Н. контр.							
Затв.							
					Літ.	Лист.	Листів
					Т	6	76
					НТУУ «КПІ» ФІОТ		
					Група ІТ-41		

ЗМІСТ

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ.....	7
ВСТУП	8
1. ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОБЛАСТЬ ВИКОРИСТАННЯ СДУО.....	9
2. ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ СДУО.....	10
3. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ПРИЙНЯТОГО ПРИНЦИПУ ПРОЕКТОВАНОГО СДУО.....	12
3.1 Огляд МК	12
3.1.1 Мікроконтролери PIC від компанії Microchip	12
3.2.1 Мікроконтролери AVR від компанії Atmel (Microchip)	15
3.1.3 STM32 від компанії Microelectronics	17
3.2 Універсальний асинхронний приймо-передавач і конвертер.....	18
3.3 Радіомодуль NRF24L01	23
3.4 Датчик GY-21	25
3.5 Дисплей.....	27
3.6 Цифо-аналоговий перетворювач MCP4725.....	28
3.7 Клавіатура TTP229	29
3.8 Інтерфейс I2C.....	30
3.9 Висновки до розділу	32
4. СКЛАДАННЯ ВИМОГ ДО СДУО ТА ЇХ АНАЛІЗ	33
4.1 Загальні відомості про СДУ	33
4.2 Вимоги до СДУ	34
4.3 Висновки до розділу	36
5. ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ ТА ЇХ АНАЛІЗ.....	37
5.1 Системи дистанційного керування МКД.....	37
5.2 Автоматизація судів.....	38
5.3 Висновки до розділу	40
6. ОПИС ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ	41

					ІТ41.280БАК.002 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис					
Розробив		Фролов Д.А.						
Перевірів		Тимофєєва Ю.С.						
Н. контр.								
Затв.								
						Літ.	Лист.	Листів
						Т	6	76
						НТУУ «КП» ФІОТ		
						Група ІТ-41		

6.1 Розробка структурної схеми СДУО	41
6.2 Розробка функціональної схеми СДУО.....	42
6.3 Розробка сценарію використання.....	44
6.4 Розробка діаграми станів СДУО	54
6.5 Висновки до розділу	56
7. РОЗРОБКА ПРОГРАМИ.....	57
7.1 Опис архітектури проекту у середовищі розробки.....	57
7.2 Описання констант і макросів у директивах препроцесора	57
7.3 Описання базових функцій програмного рішення	62
7.4 Висновки до розділу	66
ВИСНОВКИ.....	67
Перелік посилань.....	69

					ІТ41.280БАК.002 ПЗ								
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис							Літ.	Лист.	Листів	
Розробив	Фролов Д.А.									Т		6	76
Перевірів	Тимофєєва Ю.С.												
Н. контр.													
Затв.					НТУУ «КП» ФІОТ Група ІТ-41								

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

СДУО - система дистанційного управління об'єктів

СДУ - система дистанційного управління

ОУ – об'єкт управління

ДУ - дистанційного управління

РК - радіоканал

НРО - наземний рухомий об'єкт

МК - мікроконтролер

АЛУ - Арифметико-логічний пристрій

					ІТ41.280БАК.002 ПЗ	Лист
						7
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

З появою нових типів мікроконтролерів, виникла необхідність проведення інженерних робіт, націлені на здобуття навичок технологій їх програмування, через розширення їх функціоналу. Загалом, у проекті розглянуті мікроконтролер компанії STM.

Актуальність обраної теми зумовлена тим, що наразі весь світ має тенденцію до створення все більше автоматичного та автоматизованого продукту, та удосконалення існуючої техніки на автоматизований тип управління.

Через такий стрімкий інтерес до автоматизації усього, галузь вбудованої електроніки отримує все більше і більше бурхливого розвитку, що також стало своєрідним каталізатором до зростання популярності та необхідності у повсякденному житті інтернету речей, через можливість легкої передачі майже любых даних.

Метою даного дипломного проекту є розробка тривіальної СДУ моделі автомобіля, яка, окрім базових функцій об'єкта (пересування та збір необхідної інформації), надає можливість модифікувати функціонал системи завдяки додаванню необхідних модулів, як до об'єкту управління, тобто самої моделі, так і до самої СДУ.

У ході створенні проекту сама модель автомобіля не є критичним аспектом роботи, оскільки зовнішній вигляд об'єкту можливо створити без великому акцентуванні на технічних особливостях самого об'єкта, тому більше уваги буде приділено саме технічній частині СДУ та самому об'єкту.

1. ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОБЛАСТЬ ВИКОРИСТАННЯ СДУО

Перш за все, СДУ розроблений для подальшого вивчення програмування мікроконтролерів та його подальшого модифікування шляхом поступового додавання необхідних модулів. Було реалізовано лише базові функції СДУ.

Основні функції СДУ:

- передавати сигнал;
- приймати сигнал;
- обробляти вхідну інформацію;
- формувати команди.

Програмне забезпечення написане за допомогою мови програмування С у середовищі Keil uVision 5.10.

Проект програми поділено на чотири логічних рівня:

- налаштування;
- бібліотеки;
- модулі або драйвери;
- задачі.

					ІТ41.280БАК.002 ПЗ	Лист
						9
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

2. ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ СДУО

Основні технічні характеристики СДУ:

- 1) живлення - 5В, постійний струм;
- 2) інтерфейс користувача:
 - сенсорна клавіатура;
 - дисплей 20х4.
- 3) налаштування СОМ порту:
 - швидкість: 9600 б/с;
 - бітів даних: 8;
 - стоп-біт: 1;
 - Парність: вимкнено;
 - Управління потоком: вимкнено.

Обраним конвертором є USB-UART конвертер на базі чіпа СН340G. Даний чіп є не тільки дешевше його аналогів, наприклад FT232RL та є більш надійним. Основними характеристиками є наявний перемикач напруги живлення, вихід логічних рівнів з напругою 5В/3.3В, кнопка для сбросу запрограмованого контролера. Для роботи з цим конвертором необхідна інсталяція драйвера для СН340G та визначається операційною системою як додатковий віртуальний СОМ-порт.

Основні характеристики конвертера:

- чіп: СН340G;
- напруга контролера: 5/3.3В;
- кнопка сбросу.

Характеристики узагальненої АСУ:

					ІТ41.280БАК.002 ПЗ	Лист
						10
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- управління об’єктом через радіоканал на дистанцію не менше 20 метрів;
- затримка сигналу: не більше 0.1 секунди;
- мінімальна кількість сигналів: 255.

					ІТ41.280БАК.002 ПЗ	Лист
						11
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

3. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ПРИЙНЯТОГО ПРИНЦИПУ ПРОЕКТОВАНОГО СДУО

3.1 Огляд МК

Перший мікроконтролер було створено у 1971 році інженером Гері Буном, але більш робочим контролером є мікроконтролер «i8051», створений у 1980 році компанією Intel. Сьогодні існує понад 200 різних модифікацій для цієї моделі контролера, але більшою популярністю у розробників є 8 бітові мікроконтролери PIC та AVR, від компаній «Microchip Technology» та «Atmel» відповідно.

Перехід розрядних вбудованих систем з 8 біт на 32 стало досить очікуваною та невідворотною подією, після появи мікроконтролерів з ядром АРМ. Постійний ріст функціональної насиченості систем зумовлює підвищення вимог до потужності мікроконтролерів та їх програм.

3.1.1 Мікроконтролери PIC від компанії Microchip

Головною перевагою мікроконтролеру PIC є той факт, що його розробники досить вдало підтримують дві важко сумісних якості. По-перше є досить широка варіативність мікроконтролерів цієї компанії, кожен з яких має свої ключові переваги та властивості, оптимально поєднавши які, можливо як більш оптимізовано вирішити необхідну задачу. Але по-друге усі мікроконтролери PIC в деякій мірі однакові та стандартні. Це означає те, що якщо ви знаєте як працює один такий мікроконтролер, і його усі особливості, вам не буде досить важко розібратися із мікроконтролером із цього ж сімейства, а ПЗ написане під один мікроконтролер можливо досить легко перенести на інший, звісно при умові достатньої кількості ресурсів самого мікроконтролера. З усього набору випускаються сьогодні мікроконтролерів PIC виділяються дві найбільш розвинені і популярні серії PIC16 і PIC18.

					ІТ41.280БАК.002 ПЗ	Лист
						12
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

PIC16 – серія середнього рівня та назви мікроконтролерів цієї серії починаються з префікса PIC16, відповідно до назви самої серії. Різні типи мікроконтролерів PIC16 можуть виконуватися в корпусах, що мають 14, 18, 28, 40 і більше. Це найбільш типовий ряд для PIC16 / PIC18 в DIP корпусах. До серії мікроконтролерів PIC16 можна сміливо віднести мікроконтролери PIC12. Їх одна відмінність у кількості виходів – у PIC12 їх 8.

Серією вищого рівня є High End та назви мікроконтролерів цієї серії починаються як PIC18. Найбільш зручною особливістю цієї серії є те, що вони зроблені не окремим та новим типом, а майже прямим спадкоємцем серії PIC16, що дозволяє не витрачати багато часу на вивчення нового мікроконтролеру та усіх його особливостей.

					ІТ41.280БАК.002 ПЗ	Лист
						13
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Всі МК сімейства PIC мають:

- діапазон тактової частоти: до 20МГц.
- однакове ядро.
- 35 інструкцій.
- POR (Power On Reset) - скидання по подачі живлення (при досягненні Vddmin).
- OST (Oscillator Start-up Timer) - утримує МК в стані скидання на час запуску і стабілізації тактового кварцового або кристалічного генератора.
- BOD або BOR (Brown-out Detect або Brown-out Reset) - детектор зниження Vdd з налаштованим порогом.
- WDT (Watchdog Timer) - сторожовий таймер з налаштованим періодом.
- мікроконтролери моделі від PIC16F873 до 877 мають можливість програмувати свою пам'ять одразу в процесі роботи.
- всі 8-ми і 14-ти вивідні МК, крім режимів генератора, типових для всіх PIC16, мають вбудований стабільний тактовий RC генератор.

Особливості архітектури мікроконтролерів PIC:

- роздільні пам'ять і шини для команд і для даних. Розрядність ПП і шини команд - 14, ПД, регістрів АЛУ і шини даних - 8.
- в арсеналі всього 35 простих і компактних команд. Всі команди виконуються за 1 машинний цикл, крім команд розгалуження, які виконуються за 2 машинних циклу.
- всі регістри МК діляться на дві групи: спеціальні регістри і регістри загального призначення. Обидві групи складають єдиний простір - пам'ять даних, тому для управління функціями та налаштуваннями МК не потрібні спеціальні команди.
- ортогональна система команд дозволяє виконати будь-яку операцію з будь-яким регістром, використовуючи будь-який метод адресації.
- до складу різних типів МК входять різні стандартні периферійні модулі, що виконують типові для цифрових систем функції. Вони звільняють ресурси МК, спрощують програму і здешевлюють виріб.
- всі виходи МК, крім виходів живлення і скидання, використовуються як порти загального призначення. Периферійні модулі не займають монопольно висновки МК. Всі комунікації здійснюються через альтернативні функції портів. Тобто програма може підключати модуль до зовнішнього висновку МК тільки коли це необхідно. Якщо модуль не використовується, то він і не використовує жодних висновків МК.
- діапазон напруги живлення не є архітектурною особливістю, і все-таки: 2 - 5,5В - для низьковольтних варіантів МК і 3,5/4,5-5,5В - для інших.

3.1.2 Мікроконтролери AVR від компанії Atmel

Ядро типу RISC розробили двоє студенти Norwegian University of Science and Technology з міста Тронхейма у Норвегії – Альф Боген та Вегард Воллен. Ці двоє прийшли зі своєю ідеєю до Atmel, компанії яка була достатньо відомою за свою чіпи з Flash-пам'яттю у 1995 році. Їх тепло прийняли у компанії та ідея незабаром була схвалена і вирішено інвестувати в цю розробку.

Так в кінці 1996 року був вперше випущений тестовий мікроконтролер AT90S1200, а в 1997 році корпорація приступила до серійного виробництва нового типу мікроконтролерів, та почала його підтримувати рекламою та технічно

Після патенту на технологію ядро отримало назву AVR, що може трактуватись по-різному: хтось вважає, що це **Advanced Virtual RISC**, інші думають, що не обійшлося тут без **Alf Egil Bogen Vegard Wollan RISC**.

У мікроконтролерах AVR реалізовані гарвардська архітектура, тобто у якій дані та програма існують в різних адресних потоках, і система команд, яка достатньо близька до ідеології RISC. Процесор у такому мікроконтролері має 32 8-бітових регістра загального призначення, які об'єднанні у один суцільний файл регістру.

На відміну від «ідеального» RISC, регістри не абсолютно ортогональні:

- деякі команди працюють тільки з регістрами r16-r31. До них відносяться команди, що працюють з безпосереднім операндом: ANDI / CBR, ORI / SBR, CPI, LDI, LDS (16-біт), STS (16-біт), SUBI, SBCI, а також SER і MULS;
- команди, що збільшують і зменшують 16-бітове значення (в тих моделях, де вони доступні) з безпосереднім операндом (ADIW, SBIW), працюють тільки з однією з пар.

- команда копіювання пари регістрів (в тих моделях, де доступна) працює тільки з сусідніми регістрами, які починаються часткою з непарного (r1: r0, r3: r2, ..., r31: r30);
- результат множення завжди поміщається в r1: r0. Також тільки ця пара використовується в якості операндів для команди самостійного програмування;
- деякі варіанти команд множення приймають в якості аргументів тільки регістри з діапазону r16 - r23 (FMUL, FMULS, FMULSU, MULSU).

У AVR достатньо сильно розвинута система команд. Її кількість становить від 90 до 133 різних команд, в залежності від моделі. Так більша кількість команд займає лише одну частину пам'яті обсягом у 16 біт і виконується за 1 такт.

Всі доступні інструкції описаного контролера можливо зібрати у наступні групи:

- команди логічних операцій;
- команди арифметичних операцій і команди зсуву;
- команди операції з бітами;
- команди пересилання даних;
- команди передачі управління;
- команди управління системою.

Управління периферійними пристроями здійснюється через адресний простір даних. Для зручності існують «скорочені команди» IN / OUT.

3.1.3 STM32 від компанії Microelectronics

STM32 - це мікроконтролер, побудований на ядрі ARM Cortex-M3. Дане ядро має багато переваг, які будуть перераховані нижче, але його основна перевага на сьогоднішній день - універсальність. За два роки Cortex-

					ІТ41.280БАК.002 ПЗ	Лист
						17
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

M3 став індустріальним стандартом. Про це свідчить те, скільки виробників, що приєдналися до даної архітектури. Всі основні виробники мікроконтролерів, які присутні в Росії, крім Microchip, мають або розвивають рішення на основі цієї архітектури: STMicroelectronics, Texas Instrument, NXP, ATMEL, Analog Devices, Renesas і т.д. Компанія ST одна з перших випустила свої мікроконтролери Cortex-M3 (2007 г.) і швидко стала домінуючим гравцем на цьому ринку.

Рисунок 3.1 STM – мікроконтролер [16]

Cortex-M0 - це Cortex-M3 з усіченим набором команд, призначений для більш дешевих і менш вимогливих з точки зору продуктивності рішень. Cortex-M0 дозволить замінити 16-бітові мікроконтролери і, в меншій мірі, 8-бітові мікроконтролери. Cortex-M4 - це Cortex-M3, збагачений новими командами для обробки даних і призначений для застосувань, що вимагають більш високої продуктивності, з більш складною обробкою сигналу (операції з плаваючою комою на апаратному рівні). Cortex-M4 можна буде використовувати в нижньому сегменті DSP-додатків.

Програмний код, що працює на ядрі Cortex-M0, буде в повному обсязі працювати і на ядрі Cortex-M3, оскільки для Cortex-M3 діють всі інструкції Cortex-M0. Програмний код, що працює на ядрі Cortex-M3, також буде працювати на Cortex-M4, оскільки для Cortex-M4 залишаються чинними всі інструкції Cortex-M3. Тобто, зробивши виріб на Cortex-M3, можна буде далі зробити його більш дешеві і прості варіанти на Cortex-M0 або більш дорогі і складні вироби на Cortex-M4 з мінімальними витратами на переробку програмного коду. Оскільки Cortex-M3 вже став світовим стандартом, і оскільки Cortex-M0 і Cortex-M4 є натуральними продовженнями Cortex-M3, нікого не здивує, якщо вони також стануть стандартами найближчим часом.

					ІТ41.280БАК.002 ПЗ	Лист
						18
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Випуск STM32 з ядрами Cortex-M0 і Cortex-M4 від компанії STMicroelectronics намічається на 2011 рік. Інші виробники також активно працюють в цьому напрямку (Texas Instruments, Freescale, NXP і т.д.)

У підсумку можна сказати, що вибираючи STM32, розробник вибирає найпопулярніший мікроконтролер на Cortex-M3, з перспективою переходу на інші ядра Cortex-M, але при цьому не закриває собі двері для продукції інших виробників. Підсумок - величезний вибір і велика гнучкість. Тобто, основна перевага STM32 - то, що завжди є можливість його не використовувати.

3.2 Універсальний асинхронний приймач і конвертер

Конвертер USB-UART (рис. 3.2) побудований на базі чіпа CH340G, який значно дешевше FT232RL і надійніше його і аналогів. Має перемикач напруги живлення і вихідних логічних рівнів 5В/3.3В. На платі встановлена кнопка для скидання програмованого контролера. Визначається операційною системою як віртуальний COM-порт. Для роботи з перехідником потрібна інсталяція драйвера CH340.

Рисунок 3.2 Зовнішній вигляд конвертору [17]

За допомогою модуля CH340 легко підключити будь-який пристрій, що має інтерфейс UART до комп'ютерного порту USB. При нескладній доробці (потрібні тільки перетворювачі рівнів сигналів) до комп'ютера можуть бути підключені пристрої з інтерфейсами: COM, RS23, RS422, RS485, IrDA.

Найприємніше, що такий спосіб перетворення інтерфейсів не вимагає зміни коду програм верхнього рівня. Навіть програми, розроблені для комп'ютерного COM порту в ті часи, коли інтерфейс USB ще не існував, працюють з мостами інтерфейсу USB.

Конвертер емулює роботу стандартного COM порту. На комп'ютер встановлюється драйвер мікросхеми CH340. При кожному підключенні модуля до USB порту комп'ютера в системі з'являється віртуальний COM порт. Програма для стандартного COM порту може працювати з цим портом, не підозрюючи, що він віртуальний. Таким чином, в системі з'являється ще один COM порт, фізично розташований поза комп'ютера. На роз'ємі модуля 6 контактів, через які підключається UART пристрій.

Таблиця 3.1

Розпаювання виводів порту

№	Назва	Направлення, тип	Назначення
1	5 V	Живлення	Живлення 5 В від інтерфейсу USB. Може бути використано для живлення пристрою UART.
2	VCC	Живлення	Живлення мікросхеми CH340G. - У режимі живлення 5 В висновки повинен бути з'єднаний з виходом 1. - При живленні 3,3 В необхідно з'єднати виходи 2 і 3.
3	3V3	Живлення	Опорна напруга для USB інтерфейсу. - У режимі живлення 5 В вихід повинен залишитися непідключеним. - У режимі живлення 3,3 В повинен бути з'єднаний з живленням мікросхеми (вихід

			2).
4	TXD	Вихід	Передача даних
5	RXD	Вхід	Прийом даних
6	GND	Живлення	Загальний дрот(земля)

UART (Universal Asynchronous Receiver / Transmitter) - універсальний асинхронний приймач, інтерфейс для зв'язку цифрових пристроїв, призначений для передачі даних в послідовній формі. Дуже поширений і досить затребуваний, має апаратну реалізацію в багатьох мікроконтролерах. Наприклад, мікроконтролери STM32 з сімейства STM32F100xx, в залежності від варіанту виконання, містять 2 або 3 USART.

UART може використовуватися як для взаємодії компонентів всередині одного пристрою, так і для підключення пристроїв між собою. Для зовнішніх підключень сигнали з рівнями логіки ТТЛ або КМОП підходять мало через низку перешкодостійкості. Поширеним стандартом фізичного рівня для UART, який підходить для підключення зовнішніх пристроїв є RS-232. Цьому стандарту, зокрема, відповідає послідовний порт (COM-порт) комп'ютера. Так що, мікроконтролер за допомогою схеми перетворення рівнів може обмінюватися інформацією з COM-портом комп'ютера.

В UART передача даних відбувається в послідовній формі, тобто по одному біту. Тому для передачі в одному напрямку потрібно один провідник; для полнодуплексної двобічної зв'язку буде потрібно два провідника.

Вихід позначають TD або TX (transmitted data), вхід - RD або RX (received data). Для підключення двох пристроїв вихід одного підключають до входу іншого і вхід першого - до виходу другого.

Рисунок 3.3 – Зв'язок двох [18]

Можливий варіант використання UART для полудуплексної двобічної зв'язку по одному дроту. В цьому випадку висновки TX і RX кожного пристрою з'єднують разом. Весь час, поки пристрою не передає даних, воно тримає вихід в відключеному стані (переводить в Z-стан, стан з високим опором; можна використовувати режим роботи з відкритим стоком - під час паузи в передачі на виході UART формується лог. 1, що рівносильно

переходу в Z-стан). Пристрій може мати апаратну підтримку полудуплексного обміну даними, тоді потрібно лише вибрати потрібний режим роботи. Якщо апаратної підтримки немає, напівдуплексний режим легко реалізується програмно. Для цього потрібно відключати передавач, коли пристрій не передається даних, щоб звільнити лінію для здійснення передачі іншими пристроями і відключати приймач під час роботи свого передавача, щоб не приймати власну передачу (або програмно відкидати дані, що передаються своїм передавачем). До однопровідною лінії можна підключити декілька пристроїв, які будуть утворювати мережу для передачі даних. Арбітраж в цій мережі повинен бути реалізований програмно.

USART (Universal Synchronous-Asynchronous Receiver / Transmitter) - універсальний синхронно-асинхронний приймач - аналогічний UART інтерфейс, але додатково до можливостей UART, підтримує режим синхронної передачі даних - з використанням додаткової лінії тактового сигналу. Втім, синхронна передача використовується набагато рідше асинхронної.

Рисунок 3.4 – Зовнішній вигляд FT232RL [19]

USB-UART перехідник на чіпі FT232RL, який представляє з себе інтерфейс USB - послідовний UART. Підходить для установки з'єднання між комп'ютером і більшістю мікроконтролерів. В основному використовується для плат Arduino, у яких немає свого USB роз'єму, наприклад Arduino Pro Mini, Arduino Ethernet, Ethernet Pro і подібним.

Від аналогів даний перехідник відрізняється тим, що на платі виведені всі інтерфейсні виходи мікросхеми, що дозволяє використовувати її в схемах, в яких потрібне використання всіх сигналів послідовного порту а так само для використання перехідника як програматора.

3.3 Радіомодуль NRF24L01

Модуль NRF24L01 дозволяє зв'язати прилади радіоканалом передачі даних. За допомогою NRF24L01 до семи приладів об'єднуються в загальну радіомережу топології зірка на частоті 2,4 ГГц. Один прилад в радіомережі провідний, інші слідкуючі. При спрощеному розгляді модуль приймача 2,4 ГГц NRF24L01 є конвертером інтерфейсу SPI в радіосигнал. Бере на себе всі функції перетворення проводового інтерфейсу SPI в радіосигнал, містить приймач, передавач і мініатюрну антену. Фахівцю не обов'язково знати особливості кодування модулем даних по радіо, досить правильно організувати роботу SPI і встановити настройки кожного модуля, що працює в радіоміст.

Основа модуля мікросхема nRF24L01 + фірми Nordic Semiconductor. На платі розміщені компоненти необхідні для роботи MC і вилка роз'єму. Установка вихідної потужності модуля, каналів радіообміну і настройка протоколу виробляються через інтерфейс SPI. Сумісний з модулями nRF2401A, nRF2402, nRF24E1 і nRF24E2.

Застосування пристрою найбільш актуальне для мобільних приладів. Наприклад, можна створити бездротовий зв'язок з пультом управління відеогрою, джойстиком, комп'ютерними мишею та клавіатурою. Цікава область застосування - управління рухомими системами малої робототехніки: колісними і гусеничними платформами, квадрокоптера. Завдяки NRF24L01 стає можливим вирішити технічні проблеми простий телемеханіки та збору даних з датчиків. Це знаходить застосування в охоронно-пожежної сигналізації, в системах «розумний будинок», пристроях централізованого збору інформації та інших.

					ІТ41.280БАК.002 ПЗ	Лист
						24
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Рисунок 3.5 – Зовнішній вигляд NRF24L01 [20]

Характеристики:

- Живлення:
 - Напруга 1,9-3,6 В;
 - 13,5 мА коли швидкість обміну 2 Мбод;
 - 11,3 мА якщо потужність 0 дВм;
 - 22 мА пікове споживання при прийомі;
- Частоти каналів 126;
- Швидкості обміну: 256 Кбод, 1 Мбод, 2 Мбод;
- Модуляція GFSK;
- Чутливість приймача -85 дВм при швидкості 1 Мбод;
- Гранична температура повітря;
- Робота -40 ... 85 ° С;
- Зберігання -40 ... 125 ° С;

Модуль має наступні контакти:

- GND - загальний провід,
- VCC - харчування 3,3 У,
- CE - включення радіоканалу мікросхеми високим рівнем,
- CSN - Chip Select Not, активний низький рівень. Якщо встановлений низький рівень, то модуль відповідає на SPI команди. Це більш важливий сигнал вибору МС ніж сигнал CE,
- SCK – тактування шини SPI, до 10 МГц,
- MOSI - використовується для передачі даних від мікроконтролера до пристрою,
- MISO - для передачі даних з пристрою в мікроконтролер,

					ІТ41.280БАК.002 ПЗ	Лист
						25
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- IRQ - вихід сигналу для запиту переривання при відправці та отриманні пакету.

3.4 Датчик GY-21

Модуль призначений для точного вимірювання вологості і температури. У датчику застосована мікросхема HTU21 з інтерфейсом I2C, що забезпечує промислову точність вимірювань.

На кристалі розміщені аналого-цифровий конвертер обробки сигналу, дані калібрування і I2C інтерфейс. Запатентована технологія для застосування в промисловості. Монолітні CMOS датчик і система управління з низьким дрейфом і гістерезис і чудова довгострокова стабільність і наднизьким споживанням енергії. Дані калібрування записані на заводі-виробнику і зберігаються в незалежній пам'яті. Це гарантує, що датчики повністю взаємозамінні, без калібрування або зміни програмного забезпечення

Рисунок. 5.2 Зовнішній вигляд GY-21 [21]

Характеристики:

- Відносна точність датчика вологості: $\pm 3\%$ RH (макс.), 0-80% RH
- Точність датчик температури: $\pm 0.4^\circ\text{C}$ (макс), - 10 85°C
- Робочий діапазон: 0 до 100% RH
- Робочий діапазон температур: -40 до $+125^\circ\text{C}$
- Діапазон робочої напруги датчика (1.9 3.6 В)
- Напруга живлення модуля: 5 - 6В
- Струм в активному режимі: 150 μA

					ІТ41.280БАК.002 ПЗ	Лист
						26
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- Струм в режимі очікування: 60 пА
- Інтерфейс: I2C
- Адреса I2C пристрої: 0x40
- Нагрівач: інтегрований на чіпі
- 3x3 мм DFN корпус

3.5 Дисплей

Для відображення показників з датчиків буде використовуватись дисплей LCD дисплей 20 символів на 4 рядки (рис. 5.8), досить підключити всього два дроти (звісно не враховуючи живлення) і є можливість повністю керувати дисплеєм.

Рисунок 5.8 Зовнішній вигляд дисплею [22]

Основні характеристики:

- Напруга живлення: 5В;
- I2C адреса: 0x27 або 0x3f (в залежності від версії I2C адаптера);
- Чіп конвертера I2C: PCF8574A;
- Підтримка кирилиці: відсутня;
- колір фону – синій, колір символів – білий;

3.6 Цифо-аналоговий перетворювач MCP4725

Модуль на базі мікросхеми MCP4725 - це одноканальний 12-бітний цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП) з вбудованою EEPROM пам'яттю для зберігання налаштувань. Управління здійснюється по шині I2C.

					ІТ41.280БАК.002 ПЗ	Лист
						27
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Дана плата дозволяє пристроям не мають вбудованого ЦАП отримувати на виході аналогове напруга в діапазоні 0 ... +5 або генерувати складні сигнали, в тому числі синусоїдальні, пилковидні і т.д.

Рисунок 3.5 – Зовнішній вигляд МСР4725 [23]

Мікросхема одноканального ЦАП типу МСР4725 з малим енергоспоживанням містить прецизійний вихідний підсилювач, що формує вихідний сигнал, рівний по амплітуді напрузі живлення. Наявність ЕСРПЗУ дозволяє МСР4725 зберігати значення вхідного коду при відключенні живлення і відновлювати їх при його включенні. Зазвичай цю функцію виконує мікроконтролер. Таким чином, конструктори можуть знизити вартість, скоротити енергоспоживання і зменшити розміри розроблюваних виробів. Двопровідний I2C, інтерфейс забезпечує роботу в стандартному (100 кГц), швидкісному (400 кГц) або надшвидкісному (3,4 МГц) режимі. ЦАП працює з зовнішнім джерелом опорного напруги.

Типове значення часу встановлення ЦАП становить 6 мкс, динамічна нелінійність - $\pm 0,2$ МЗБ. Струм, потребляється в сплячому режимі, - 0,06 мкА. Мікросхема працює від одного джерела живлення на напругу 2,7-5,5 В. Діапазон робочих температур - від -40 до 125 ° С.

Завдяки малим габаритам і енергоспоживанню новий ЦАП може знайти застосування в пристроях з батарейним живленням систем, до розмірів яких пред'являються жорсткі вимоги - плеєрах, відеокамерах, навігаторах, медичних пристроях (портативних глюкометрах, тонометрах), промислових системах управління та вимірювання, побутовій техніці (пральних машинах і кавоварках), автомобільних системах (світлодіодних фарах і охоронних системах).

3.7 Клавіатура ТТР229

Модуль сенсорної 16-кнопкової клавіатури на ТТР229 призначений для побудови систем введення даних і призначений для заміни традиційних кнопкових і мембранних клавіатур. Наднизьке потребленіє струму дозволяє рекомендувати клавіатуру для портативних пристроїв з автономним живленням.

Характеристики:

- Побудований на мікросхемі ТТР229 - 16-канальному датчику сенсорного введення
- Вбудований індикатор живлення
- Робоча напруга: від 2.4В до 5.5В
- Програмований режим виведення, режиму сканування клавіатури, часу натискання і утримання натискання кнопки, переходу в режим економії енергії.
- Розміри плати: 49.3 мм х64.5 мм

Рисунок 3.7 – Зовнішній вигляд клавіатури ТТР229 [24]

3.8 Інтерфейс I2C

Для збільшення ефективності, спрощення схемотехнік, Philips розробила просту двосторонню двухпроводную шину для так званого "межмікросхемного" (inter-IC) управління. Шина отримала назву - InterIC, або ІІС (I2C) шина.

Протокол передачі даних по шині I2C розроблений таким чином, щоб гарантувати надійний якісний прийом/передачу даних. При передачі даних

					ІТ41.280БАК.002 ПЗ	Лист
						29
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

один пристрій є "Провідним", яке ініціює передачу даних і формує сигнали синхронізації. Інший пристрій "Ведене", яке може почати передачу даних тільки по команді ведучого шини.

I2C шина є однією з модифікацій послідовних протоколів обміну даних. У стандартному режимі забезпечується передача послідовних 8-бітних даних зі швидкістю до 100 кбіт / с, і до 400 кбіт / с в "швидкому" режимі. Для здійснення процесу обміну інформацією по I2C шині, використовується всього два сигнали лінія даних SDA лінія синхронізації SCL Для забезпечення реалізації двобічної шини без застосування складних арбітрів шини вихідні каскади пристроїв, підключених до шини, мають відкритий стік або відкритий колектор для забезпечення функції монтажного "І" .

Максимальна допустима кількість мікросхем, приєднаних до однієї шині, обмежується максимальним обсягом до шини 400 пФ.

Вбудований в мікросхеми апаратний алгоритм подавлення перешкод забезпечує цілісність даних в умовах перешкод значної величини.

Все I2C-сумісні пристрої мають інтерфейс, який дозволяє їм зв'язуватися один з одним по шині навіть у тому випадку, якщо їх напруга живлення істотно відрізняється. На наступному малюнку представлений принцип підключення декількох ІМС з різними напругами живлення до однієї шини обміну.

3.9 Висновки до розділу

У цьому розділі було зроблено огляд існуючих рішень та обґрунтовано вибір пристроїв для СДУО.

Було зроблено огляд мікроконтролерів, модулів радіозв'язку, портів та засобів інтерфейсу. Обрані компоненти системи були обрані через досить добре співвідношення ціни, якості, простоти застосування та функціоналу на наданій предметній області.

					ІТ41.280БАК.002 ПЗ	Лист
						31
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

4. СКЛАДАННЯ КРИТЕРІЇВ ОЦІНУВАННЯ

ЕФЕКТИВНОСТІ СДУО ТА ЇХ АНАЛІЗ

4.1 Загальні відомості про СДУ

Загалом, в залежності від умов праці, технічних вимог та вимог правил безпеки відокремлюють наступні види управління об'єктом:

- локальне
- дистанційне
- автоматичне

В даний час бурхливо розвивається напрямок саме систем з дистанційним управлінням, адже такі системи дають можливість виконувати різного роду роботи, які потребують відсутності людини у центрі використанні таких систем, та виконувати збір різного роду інформації, але при цьому існує менша ймовірність, що система вийде з ладу внаслідок можливих нелогічних операцій при роботі.

Деякі з них будуються на основі бездротових систем передачі даних, інші з використанням дротових систем. СДУ можуть бути реалізовані у вигляді невеликих систем типу «розумний дім» до систем масштабів міста, де кожен пристрій має унікальну адресу і має доступ в мережу.

В роботі реалізована СДУ для рухливих об'єктів наземного базування. СДУ містить два типи підсистем: пульт управління (ПУ) і об'єкт управління (ОУ). Управління ОУ здійснюється за коштами створеного програмного забезпечення. ОУ є автономним приладом, який здійснює контроль і здатне здійснювати рух.

4.2 Вимоги до СДУ

Для управління швидкістю і напрямом руху служить система дистанційного керування.

Дистанційне автоматизоване управління - це управління, за допомогою якого можна задавати бажаний режим роботи механізму, впливаючи на елемент управління (наприклад, який регулює важіль або рукоятку). Система управління в подальшому виконує самостійно всі проміжні дії.

У складі засобів автоматизації знаходяться:

- панелі управління і контролю,
- програмовані контролери,
- операторські станції, датчики,
- виконавчі пристрої,
- різноманітні програмовані засоби для роботи з інформацією (отримання, обробка і передача по інтерфейсним каналам),
- основні і резервні джерела живлення,
- пристрою перетворення і комутації сигналів.

Вимоги до СДУ зазвичай визначається наступним чином:

- управління має бути повністю автоматизовано і здійснюватися без витримки часу;
- система ДАУ повинна володіти високою точністю завдання оборотів ($\pm 1,5\%$);
- система повинна забезпечувати резервне управління з машинного відділення, яке може бути автоматичним або ручним дистанційним;
- перехід на такий вид управління має відбуватися не більше ніж за 10 сек;

					ІТ41.280БАК.002 ПЗ	Лист
						33
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- система ДАУ повинна володіти консерватизмом, тобто в разі порушення живлення заданий режим зберігається на час не менше 5 хвилин;
- При зникненні живлення повинно автоматично включатися резервне (аварійне) живлення.

					ІТ41.280БАК.002 ПЗ	Лист
						34
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

4.3 Висновки до розділу

У розділі було розглянуто що собою уявляє СДУ та висунуті на огляд основні критерії ефективності СДУ.

					ІТ41.280БАК.002 ПЗ	Лист
						35
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

5. ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ ТА ЇХ АНАЛІЗ

Наразі у світі вже створені, як цілком успішні та ефективні, так і не зовсім робочі та не повністю виконуючі свої функції СДУ. Далі описані деякі приклади готових рішень та їх невеликий аналіз.

5.1 Системи дистанційного керування МКД

«Система дистанційного керування МКД» призначена для дистанційного керування кранами, обладнанням і механізмами. Дозволяє підвищити продуктивність і безпеку праці за рахунок розширення зони дії та більш вільного переміщення оператора. У деяких випадках застосування звичайних засобів управління технологічно ускладнено, небезпечно або економічно недоцільно. «Система дистанційного керування МКД» можна встановлювати на будь-які типи кранів, кран балок, талів, візків та інших пристроїв. Установка проста і не вимагає висококваліфікованого персоналу.

Рисунок 5.1 – Комплект пристроїв СДК МКД [25]

Переважні особливості:

- надійна і безперебійна робота «МКД» обумовлена використанням сучасної елементної бази та мікропроцесорів;
- цифровий канал передачі команд до виконавчого механізму і унікальне завадостійке кодування команд, а так само інші

					ІТ41.280БАК.002 ПЗ	Лист
						36
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- заходи захисту виключають ймовірність формування несанкціонованих команд управління виконавчим механізмом;
- виключена можливість одночасного подання команд, які керують протилежними напрямками переміщення виконавчого механізму;
 - можлива одночасна робота на одному виробничому майданчику великої кількості систем «МКД»;
 - зручний пульт з надійними кнопками дозволяє здійснювати управління однією рукою, не знімаючи рукавиць;
 - тривалий час безперервної роботи без підзарядки акумуляторів передавача;
 - «МКД» легко підключаються до електроприводу будь-якого ГПМ, при цьому, не змінюючи його конфігурації і зберігаючи всі його характеристики;
 - дає можливість модернізації ГПМ із застосуванням частотного приводу, що дозволяє економити електроенергію, зберегти дорогі верстати при установці на них важких заготовок за рахунок плавного регулювання швидкості установки оброблюваних заготовок, продовжити експлуатаційний ресурс ГПМ.
 - «МКД» можна використовувати не тільки для управління ГПМ, а й електричними візками, вагонетками, дверима печей, переміщенням колод на тартаку, в небезпечних для персоналу умовах;

5.2 Автоматизація судів

Автоматизація судів - це процес, при якому функції управління судном і його обладнанням, що раніше виконувалися людиною, передаються приладам і технічних пристроїв. Автоматизація судноводіння забезпечує

					ІТ41.280БАК.002 ПЗ	Лист
						37
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

безпеку рейсів судів. При комплексної автоматизації суднових енергетичних установок підвищується надійність і економічність роботи обладнання, збільшується продуктивність і поліпшуються умови праці плавскладу, скорочується його чисельність.

Об'єктами автоматизації на судні є:

- головні двигуни
- котельні установки
- суднова електростанція
- компресори стисненого повітря
- баластні, осушувальні системи
- реф. установки і системи кондиціонування, допоміжні механізми та ін.

Ефективність використання суднових енергетичних установок (СЕУ) більшою мірою визначається рівнем автоматизації і якістю управління різними режимами їх роботи.

Для управління швидкістю і напрямом руху судна служить система дистанційного автоматизованого управління (ДАУ). Дистанційне автоматизоване управління - це управління, за допомогою якого можна задавати бажаний режим роботи механізму, впливаючи на елемент управління (наприклад, який регулює важіль або рукоятку). Система управління в подальшому виконує самостійно всі проміжні дії;

У складі суднових засобів автоматизації знаходяться:

- панелі управління і контролю,
- програмовані контролери,
- операторські станції, датчики,
- виконавчі пристрої,
- різноманітні програмовані засоби для роботи з інформацією (отримання, обробка і передача по каналам інтерфейсу),

					ІТ41.280БАК.002 ПЗ	Лист
						38
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- основні і резервні джерела живлення,
- пристрою перетворення і комутації сигналів.

5.3 Висновок до розділу

У цьому були розглянуті приклади СДУ у рухомих об'єктах та виявлені їх особливості.

Так можна зрозуміти, що досконала СДУ повинна не тільки ефективно виконувати свої функції, а й забезпечувати високий рівень надійності як від

					ІТ41.280БАК.002 ПЗ	Лист
						39
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

випадкових випадків, що можуть порушити працездатність системи, а й від злоумисників.

6. ОПИС ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ

6.1 Розробка структурної схеми СДУО

Структурна схема — схема, яка визначає основні функціональні частини виробу, їх взаємозв'язки та призначення.

					ІТ41.280БАК.002 ПЗ	Лист
						40
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Структурна схема призначена для відображення загальної структури пристрою, тобто його основних блоків, вузлів, частин та головних зв'язків між ними. Із структурної схеми повинно бути зрозуміло, навіщо потрібний даний пристрій і як він працює в основних режимах роботи, як взаємодіють його частини. Позначення елементів структурної схеми можуть обиратись довільно, хоча загальноприйнятих правил виконання схем слід дотримуватись.

Наведена схема нижче показує структуру спроектованої СДУ, вона складається з самої СДУ, пульта управління та модуля живлення.

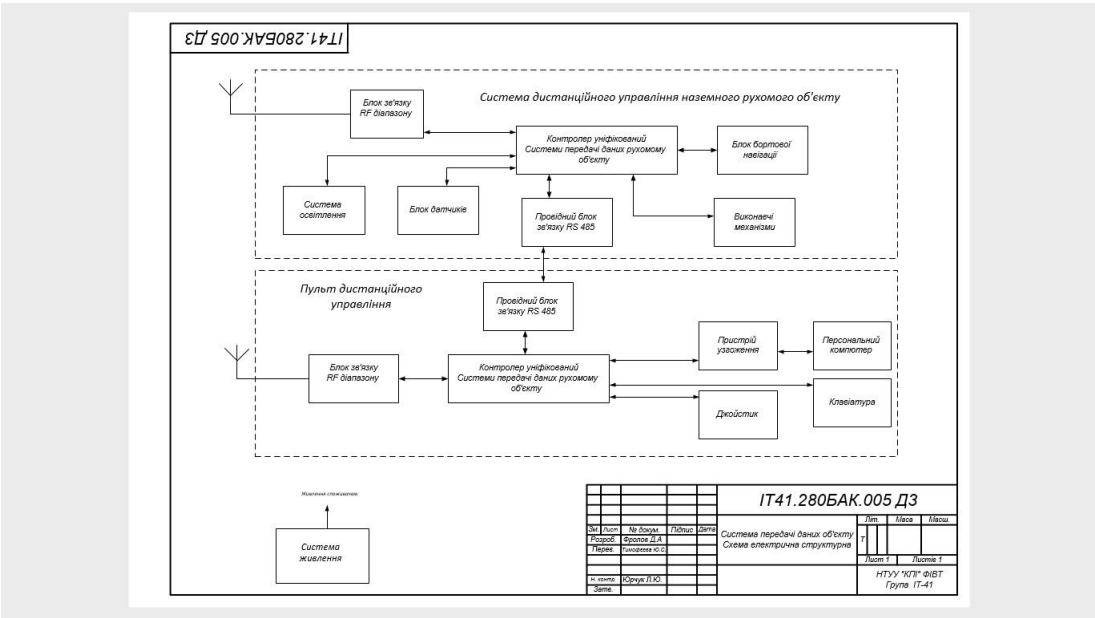


Рисунок 6.1 Структурна схема СДУО

Структура системи СДУ:

- Контролеру уніфікованого – основна частина системи, до якої надходять усі сигнали с датчиків, оброблюються та передаються далі;
- Система освітлення – модулю який регулює подачу світла у встановлені частини об'єкту;
- Блок датчиків – модуль який представляє собою центр збору необхідних ланих та подальшої перелачі їх у контролер;

- Виконавчі механізми – модуль який виконує функцію пересування об'єкту;
- Блок бортової навігації – тривіальний модуль навігації, який у поєднанні із роботою виконавчих механізмів надає можливість оператору слідкувати за місцезнаходженням об'єкту;
- Блок зв'язку RF діапазону – модуль який під'єднує об'єкт через контролер до пульта управління через радіоканал;

Структура пульта дистанційного управління:

- Контролеру уніфікованого – центр пульта управління у який надходить та у якому оброблюється усі дані;
- Пристрій узгодження – модуль за допомогою якого виконується зв'язок між пультом та комп'ютером;
- Комп'ютер – самостійна окрема система, яка дозволяє значно впливати на хід роботи пристрою через подачу нетривіальних команд;
- Джойстик – модуль за допомогою якого оператор управляє безпосередньо об'єктом управління, виконуючи запрограмовані у джойстику базові дії об'єкту;
- Блок зв'язку RF діапазону – майже той самий модуль який використовується у системі СДУ, тільки тут пульт під'єднується до СДУ через радіоканал

6.2 Розробка функціональної схеми СДУО

Функціональна схема призначена для роз'яснення процесів, що відбуваються в окремих функціональних колах виробу або виробі в цілому. Для складного виробу розробляється кілька функціональних схем, що пояснюють процеси, що відбуваються при різних передбачених режимах роботи. Кількість функціональних схем, що розробляються на виріб, ступінь їх деталізації і обсяг викладених відомостей визначається розробником з урахуванням особливостей виробу.

					ІТ41.280БАК.002 ПЗ	Лист
						42
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

На схемі зображують функціональні частини виробу (елементи, пристрої, функціональні групи) і зв'язку межу ними. Графічне побудова схеми має наочно відображати послідовність функціональних процесів, що відбуваються у виробі. Дійсне розташування у виробі елементів і пристроїв може не враховуватися.

Функціональна схема містить інформацію про способи реалізації пристроєм заданих функцій. За такою схемою можна визначити, як здійснюються перетворення і які для цього необхідні функціональні елементи. Кожен функціональний елемент містить лише ті входи і виходи, які необхідні для його коректної роботи. Дана схема розробляється на основі структурної схеми для кожного блоку, в результаті з окремих функціональних елементів складається загальна функціональна схема об'єкту.

Функціональні частини і зв'язки між ними зображують у вигляді умовних графічних позначень, встановлених у відповідних стандартах на умовні графічні позначення цих груп і елементів. У цьому випадку діють правила виконання принципів схем. Окремі функціональні частини на схемі допускається зображати у вигляді прямокутників. У цьому випадку ці частини схеми слід виконувати за правилами структурних схем.

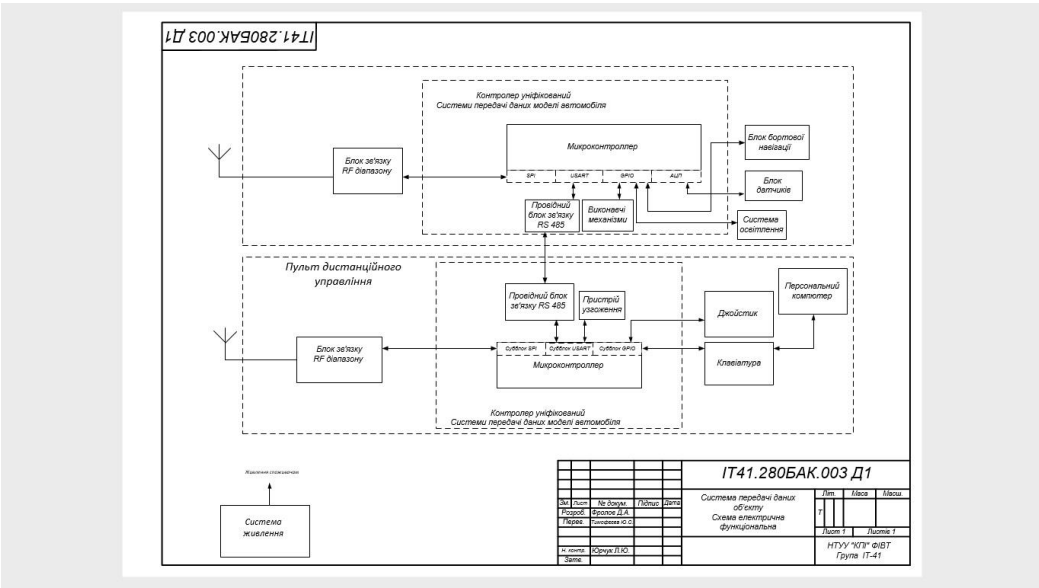


Рисунок 6.2 Функціональна схема СДУО

За функціональною схемою вказують:

- для функціональних груп - позначення, присвоєне їй на принциповій схемі, або найменування (якщо функціональна група зображена у вигляді умовного графічного позначення, то її найменування не вказують),
- для кожного пристрою і елемента, зображеного умовними графічними позначеннями - буквено-цифрове позиційне позначення, присвоєне на принциповій схемі, його тип,
- для кожного пристрою, зображеного прямокутником - позиційне позначення, присвоєне йому на принциповій схемі, його найменування і тип або позначення документа, на підставі якого цей пристрій застосовано. Позначення документа вказують і для пристрою, зображеного у вигляді умовного графічного позначення. Найменування, типи і позначення функціональних частин, зображених прямокутниками, рекомендується вписувати всередину прямокутників. Скорочені або умовні найменування повинні бути пояснені на поле схеми.

6.3 Розробка сценарію використання

Різновид використання (рис 5.3), варіант використання, прецедент (англ. Use Case) — у розробці програмного забезпечення та системному проектуванні це опис поведінки системи, як вона відповідає на зовнішні запити. Іншими словами, різновид використання описує, «хто» і «що» може зробити з розглянутою системою. Методика різновидів використання

					ІТ41.280БАК.002 ПЗ	Лист
						44
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

застосовується для виявлення вимог до поведінки системи, відомих також як функціональні вимоги.

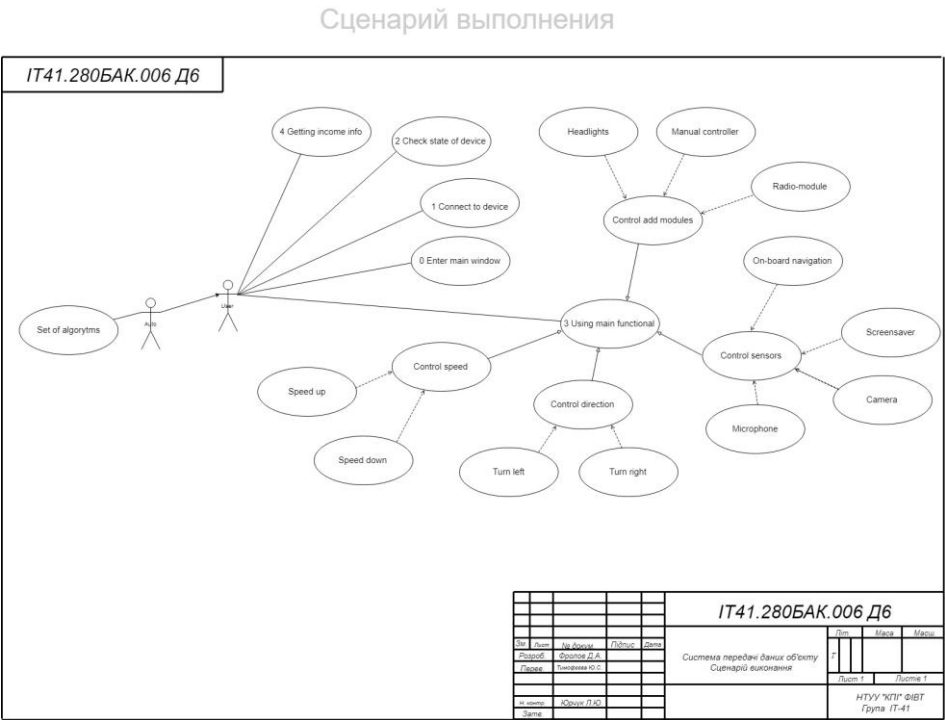


Рисунок 6.3 Сценарій використання

Використовуються такі умовні позначення:

- рамки системи (system boundary) - прямокутник з назвою у верхній частині і еліпсами (прецедентами) всередині. Часто може бути опущений без втрати корисної інформації,
- актор (actor) - стилізований чоловічок, що позначає набір ролей користувача (розуміється в широкому сенсі: людина, зовнішня сутність, клас, інша система), що взаємодіє з деякою сутністю (системою, підсистемою, класом). Актори не можуть бути пов'язані один з одним (за винятком відносин узагальнення / успадкування),

- прецедент - еліпс з написом, що позначає виконувані системою дії (можуть включати можливі варіанти), що призводять до спостережуваних акторами результатами. Напис може бути ім'ям або описом (з точки зору акторів) того, «що» робить система (а не «як»). Ім'я прецеденту пов'язано з неперервним (атомарним) сценарієм - конкретної послідовністю дій, що ілюструє поведінку. В ході сценарію актори обмінюються з системою повідомленнями. Сценарій може бути приведений на діаграмі прецедентів у вигляді UML-коментаря. З одним прецедентом може бути пов'язано кілька різних сценаріїв.

На підставі опису процесу керування СДУО розроблено діаграму прецедентів (ДП)

В межах інтерфейсу описані наступні функції: ввімкнення інтерфейсу, підключення до інтерфейсу пристрою, перевірка стану пристрою та використання основних функцій.

На даній діаграмі відображено наступні види використання (UC) і відношення між прецедентами:

- тип зв'язку include показує, що один елемент UC є додатковим елементом іншого UC, наприклад як внутрішня задача, чи підпрограма, як варіант виклику одного метода з меж іншого метода без попередньої умови;
- extension показує, що один тип UC є варіантом іншого, приклад виклику методу у межах іншого методу при реалізації конструкції if, case тощо.

У системі є один актор — користувач СДУО, який може вільно маніпулювати функціями приєднаного пристрою з інтерфейсу користувача. ДП описує у максимальному обсязі варіанти використання СДУО користувачем.

					ІТ41.280БАК.002 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		47

Таблиця 6.1 — UC Enter main window

Назва (UC)	Enter main window	
Мета або контекст використання	Вхід до інтерфейсу	
Область видимості та рівень	Для оператора СДУ	
Передумова	Правильне налаштування пристрою	
Умова успішного виконання	Є доступ до інтерфейсу	
Умова невиконання	Неможливо зайти до інтерфейсу	
Первинний, вторинний актор	Первинний актор – оператор СДУ	
Тригер	-	
Опис(description)	Кроки	Дія
	1	Запуск СДУ
	2	

UC “ Enter main window ” відповідає за можливість оператора зайти до інтерфейсу СДУО. Цей UC зв’язаний з актором напрямку. Описуючи його було використано типовий шаблон або UCDT, що показаний у таблиці 6.1.

Таблиця 6.2 — UC Connect to device

Назва (UC)	Connect to device	
Мета або контекст використання	Можливість приєднати СДУ до потрібного пристрою	
Область видимості та рівень	Для оператора СДУ	
Передумова	Запущений інтерфейс	
Умова успішного виконання	СДУ успішно приєдналась до пристрою	
Умова невиконання	СДУ не змогла приєднатися до пристрою	
Первинний, вторинний актор	Оператор СДУ	
Тригер	-	
Опис(description)	Кроки	Дія
	1	Увійти у відповідні налаштування
	2	Спробувати приєднатись до пристрою

UC “Connect to device” відповідає за надання можливості приєднати СДУ до ОУ. Цей UC зв’язаний з актором напряму. Описуючи його було використано типовий шаблон або UCDT, що показаний у таблиці 6.2.

Таблиця 6.3 — UC Check state of device

Назва (UC)	Check state of device	
Мета або контекст використання	Перевірка стану ОУ	
Область видимості та рівень	Оператор СДУ	
Передумова	СДУ приєднана до ОУ	
Умова успішного виконання	Можливість перевірити стан ОУ	
Умова невиконання	Відсутність інформації щодо стану ОУ	
Первинний, вторинний актор	Оператор СДУ	
Тригер	-	
Опис(description)	Кроки	Дія
	1	Увійти у відповідні налаштування
	2	Перевірити стан ОУ

UC “ Check state of device ” відповідає за можливість перевірити стан ОУ. Цей UC зв’язаний з актором напряму. Описуючи його було використано типовий шаблон або UCDT, що показаний у таблиці 6.3.

Таблиця 6.4 — UC Using main functional

Назва (UC)	Using main functional	
Мета або контекст використання	Використання функцій об'єкту.	
Область видимості та рівень	Для оператора СДУ	
Передумова	Приєднаний ОУ та запущена СДУ	
Умова успішного виконання	Повний доступ до основного функціоналу СДУ.	
Умова невиконання	Неможливість використати будь-яку з функцій СДУ.	
Первинний, вторинний актор	Оператор СДУ	
Тригер	-	
Опис(description)	Кроки	Дія
	1	Увімкнути СДУ
	2	Використання базових функцій

UC “Using main functional” відповідає за забезпечення можливості повного контролю над виконання заданих функцій у СДУО. Цей UC зв’язаний з актором напрямку. Описуючи його було використано типовий шаблон або UCDT, що показаний у таблиці 6.4.

Таблиця 6.5 — UC Control speed

Назва (UC)	Control speed	
Мета або контекст використання	Можливість маніпулювати швидкістю ОУ.	
Область видимості та рівень	Для оператора СДУ	
Передумова	Запущений інтерфейс.	
Умова успішного виконання	Можливість змінювати швидкість ОУ.	
Умова невиконання	Неможливо змінити швидкість ОУ	
Первинний, вторинний актор	Оператор СДУ	
Тригер	-	
Опис(description)	Кроки	Дія
	1	Увімкнути СДУ
	2	Через інтерфейс змінювати швидкість.

UC “Control speed” відповідає за забезпечення можливості змінювати швидкість пересування ОУ. Цей UC не зв’язаний з актором напряду, перед цим він контактує з UC “Using main function”. Описуючи його було використано типовий шаблон або UCDT, що показаний у таблиці 6.5.

Таблиця 6.6 — UC Control sensors

Назва (UC)	Control sensors	
Мета або контекст використання	Керування приєднаними до ОУ датчиками.	
Область видимості та рівень	Для оператора СДУ	
Передумова	Запущений інтерфейс.	
Умова успішного виконання	Успішне використання датчиків з подальшим отриманням інформації з них.	
Умова невиконання	Немає можливості використовувати датчики та отримувати з них інформацію.	
Первинний, вторинний актор	Оператор СДУ	
Тригер	-	
Опис(description)	Кроки	Дія
	1	Увімкнути СДУ
	2	Використання функцій датчиків.

UC “Control sensors” відповідає за забезпечення функціоналу датчиків та подальше отримання інформації. Цей UC не зв’язаний з актором напряду, перед цим він контактує з UC “Using main function”. Описуючи його було використано типовий шаблон або UCDT, що показаний у таблиці 6.5.

Таблиця 6.7 — UC Control modules

Назва (UC)	Control modules	
Мета або контекст використання	Використання окремих модулів системи.	
Область видимості та рівень	Для оператора СДУ	
Передумова	Запущений інтерфейс та доступ до ОУ.	
Умова успішного виконання	Вільне маніпулювання модулями системи.	
Умова невиконання	Відсутність можливості якось впливати на функціонування модулів.	
Первинний, вторинний актор	Оператор СДУ	
Тригер	-	
Опис(description)	Кроки	Дія
	1	Увімкнути СДУ
	2	Через інтерфейс та з доступом до ОУ маніпулювати модулями пристрою.

UC “Control modules” відповідає за забезпечення можливості маніпулювати модулями ОУ. Цей UC не зв’язаний з актором напряму, перед цим він контактує з UC “Using main function”. Описуючи його було використано типовий шаблон або UCDT, що показаний у таблиці 6.5.

Для його опису використовується типовий шаблон або UCDT, що показаний у таблиці 4.2.

6.4 Розробка діаграми станів СДУО

Діаграма станів - це, по суті, діаграма станів з теорії автоматів зі стандартизованими умовними позначеннями, яка може визначати безліч систем від комп'ютерних програм до бізнес-процесів.

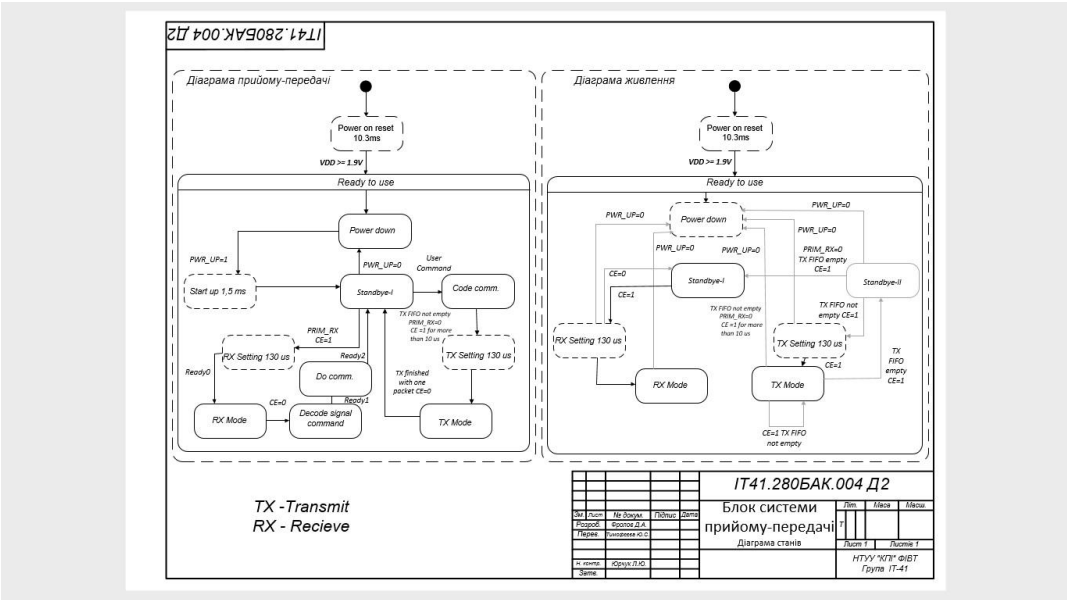


Рисунок 6.4 – Діаграма станів

Використовуються такі умовні позначення:

- коло, що позначає початковий стан.
- коло з маленьким колом всередині (відома як "котяче око"), що позначає кінцевий стан (якщо є).
- округлений прямокутник, що позначає стан. Верхівка прямокутника містить назву стану. В середині може бути

горизонтальна лінія, під якою записуються активності, що відбуваються в даному стані.

- стрілка, що позначає перехід. Назва події (якщо є), що викликає перехід, відзначається поруч зі стрілкою. Охороняє вираз може бути додано перед «/» і укладено в квадратні дужки (назва_події [охоронний_вираз]), що означає, що цей вислів має бути істинним, щоб перехід мав місце. Якщо при переході виробляється якась агресивна дія, то воно додається після «/» (назва_події [охоронний_вираз] / дія).
- товста горизонтальна лінія з яких безліччю вхідних ліній і однієї виходить, або однієї вхідної лінією і безліччю виходять. Це означає об'єднання і розгалуження відповідно.

					ІТ41.280БАК.002 ПЗ	Лист
						56
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

6.5 Висновки до розділу

У цьому розділі було описано структурну схему, функціональну схему, діаграму станів та use case. Також були описані елементи які необхідні для застосування при створенні таких схем чи діаграм.

Створення цих схем є обов'язковою частиною при розробці якогось пристрою. Це допомагає ще на початкових етапах візуалізувати майбутній пристрій та не допустити помилок на фізичних етапах.

					ІТ41.280БАК.002 ПЗ	Лист
						57
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

7. РОЗРОБКА ПРОГРАМИ

7.1 Опис архітектури проекту у середовищі розробки

ПЗ створене на мові програмування C у середовищі Keil uVision 5.10.
та поділено на чотири логічних рівня:

- налаштування,
- бібліотеки,
- модулі або драйвери,
- взаємодія між модулями та задачами забезпечується через виклик функції інтерфейсу.

7.2 Описання констант і макросів у директивах препроцесора

У проекті реалізована система констант, для більш якісного супроводження ПЗ, за її допомогою виконується управління безпосередньо модулем прийому-передачі даних, та деяких додаткових функцій у вигляді макросів.

Дані константи оформлені у вигляді директив препроцесора і винесені у окреме рішення у вигляді файлу заголовку ("lib.h").

Для визначення системи знаків, що підлягають прийому і передачі інформації можна використовувати маски і логічні операції для спрощення розробки коду. У даній роботі визначені маски, що описані нижче

```
#define MASK_MAX_RT 4
```

```
#define EN_CRC 3
```

```
#define MASK_RX_DR 6
```

```
#define MASK_TX_DS 5
```

					ІТ41.280БАК.002 ПЗ	Лист
						58
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

```
#define CRCO 2  
#define PWR_UP 1  
#define PRIM_RX 0
```

Система констант, що надана далі, застосовується для програмування мікроконтролеру у контексті управління прийому та передачі інформації.

```
#define RX_P_NO 1  
#define TX_FULL_STATUS 0  
#define RX_DR 6  
#define TX_DS 5  
#define MAX_RT 4
```

Для програмування визначення статусу поточного стану приймально-передавального пристрою використовується наступні елементи і константи.

```
#define PLOS_CNT 4  
#define ARC_CNT 0
```

Стан буферу для тимчасового зберігання інформації визначається наданими далі константами. Це спрощує програмне управління даними, що надходять у канал прийому та передаються до каналу передачі.

```
#define TX_REUSE 6  
#define TX_FULL_FIFO 5  
#define TX_EMPTY 4  
#define RX_FULL 1  
#define RX_EMPTY 0  
#define BUF_SIZE 128
```

```
#define BUF_MASK (BUF_SIZE-1)
```

Управління системою передачі SPI відбувається через програмування відповідних регістрів мікроконтролера.

Для управління регістрами мікроконтролера SPI передбачена система констант, що надана далі.

```
#define SPIx_RCC RCC_APB2Periph_SPI1
```

```
#define SPIx SPI1
```

```
#define SPI_GPIO_RCC RCC_APB2Periph_GPIOA
```

```
#define SPI_GPIO GPIOA
```

```
#define SPI_PIN_MOSI GPIO_Pin_7
```

```
#define SPI_PIN_MISO GPIO_Pin_6
```

```
#define SPI_PIN_SCK GPIO_Pin_5
```

```
#define SPI_PIN_SS GPIO_Pin_4
```

Для управління системою радіомодуля та його апаратною частиною, включення - виключення передавача потрібно використовувати систему макросів і констант, що надані далі.

```
#define CONT_WAVE 7
```

```
#define RF_DR_LOW 5
```

```
#define PLL_LOCK 4
```

```
#define RF_DR_HIGH 3
```

```
#define RF_PWR 1
```

```
#define RF_SETUP_MINUS18DBM (0 << RF_PWR)
```

```
#define RF_SETUP_MINUS12DBM (1 << RF_PWR)
```

					ІТ41.280БАК.002 ПЗ	Лист
						60
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

```
#define RF_SETUP_MINUS6DBM (2 << RF_PWR)
```

```
#define RF_SETUP_0DBM (3 << RF_PWR)
```

```
#define RF_SETUP_1MBPS (0 << RF_DR_HIGH)
```

```
#define RF_SETUP_2MBPS (1 << RF_DR_HIGH)
```

```
#define RF_SETUP_250KBPS (1 << RF_DR_LOW)
```

Для тимчасового збереження даних у відповідних буферах використовується відповідні адреси для звернення до них через систему покажчиків. Для управління ними використовується система покажчиків, що показана далі.

```
#define RX_PW_P0 0x11
```

```
#define RX_PW_P1 0x12
```

```
#define RX_PW_P2 0x13
```

```
#define RX_PW_P3 0x14
```

```
#define RX_PW_P4 0x15
```

```
#define RX_PW_P5 0x16
```

```
#define RX_ADDR_P2 0x0C
```

```
#define RX_ADDR_P3 0x0D
```

```
#define RX_ADDR_P4 0x0E
```

```
#define RX_ADDR_P5 0x0F
```

```
#define FIFO_STATUS 0x17
```

```
#define RX_ADDR_P0 0x0A
```

```
#define RX_ADDR_P1 0x0B
```

```
#define TX_ADDR 0x10
```

```
#define DYNPD 0x1C
```

```
#define FEATURE 0x1D
```

```
#define CONFIG 0x00
```

					ІТ41.280БАК.002 ПЗ	Лист
						61
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

```
#define EN_AA 0x01
#define EN_RXADDR 0x02
#define SETUP_AW 0x03
```

Система радіомодуля передбачає управління апаратною частиною з використанням затримки по часу.

Для управління затримкою по часу використані макроси, що перелічені далі. Робота макросів побудована на основі логічного зсуву.

```
#define SETUP_RETR_DELAY_250MKS (0 << ARD)
#define SETUP_RETR_DELAY_500MKS (1 << ARD)
#define SETUP_RETR_DELAY_750MKS (2 << ARD)
#define SETUP_RETR_DELAY_1000MKS (3 << ARD)
#define SETUP_RETR_DELAY_1250MKS (4 << ARD)
#define SETUP_RETR_DELAY_1500MKS (5 << ARD)
#define SETUP_RETR_DELAY_1750MKS (6 << ARD)
#define SETUP_RETR_DELAY_2000MKS (7 << ARD)
#define SETUP_RETR_DELAY_2250MKS (8 << ARD)
#define SETUP_RETR_DELAY_2500MKS (9 << ARD)
#define SETUP_RETR_DELAY_2750MKS (10 << ARD)
#define SETUP_RETR_DELAY_3000MKS (11 << ARD)
#define SETUP_RETR_DELAY_3250MKS (12 << ARD)
#define SETUP_RETR_DELAY_3500MKS (13 << ARD)
#define SETUP_RETR_DELAY_3750MKS (14 << ARD)
#define SETUP_RETR_DELAY_4000MKS (15 << ARD)
#define SETUP_RETR_NO_RETRANSMIT (0 << ARC)
#define SETUP_RETR_UP_TO_1_RETRANSMIT (1 << ARC)
#define SETUP_RETR_UP_TO_2_RETRANSMIT (2 << ARC)
```

```

#define SETUP_RETR_UP_TO_3_RETRANSMIT (3 << ARC)
#define SETUP_RETR_UP_TO_4_RETRANSMIT (4 << ARC)
#define SETUP_RETR_UP_TO_5_RETRANSMIT (5 << ARC)
#define SETUP_RETR_UP_TO_6_RETRANSMIT (6 << ARC)
#define SETUP_RETR_UP_TO_7_RETRANSMIT (7 << ARC)
#define SETUP_RETR_UP_TO_8_RETRANSMIT (8 << ARC)
#define SETUP_RETR_UP_TO_9_RETRANSMIT (9 << ARC)
#define SETUP_RETR_UP_TO_10_RETRANSMIT (10 << ARC)
#define SETUP_RETR_UP_TO_11_RETRANSMIT (11 << ARC)
#define SETUP_RETR_UP_TO_12_RETRANSMIT (12 << ARC)
#define SETUP_RETR_UP_TO_13_RETRANSMIT (13 << ARC)
#define SETUP_RETR_UP_TO_14_RETRANSMIT (14 << ARC)
#define SETUP_RETR_UP_TO_15_RETRANSMIT (15 << ARC)

```

7.3 Описання базових функцій програмного рішення

Для супроводження ПЗ використовується система функцій, що надає можливість здійснити управління приймально-передавальним пристроєм і швидко налаштувати програмне рішення для різного типу мікроконтролерів.

Розглянемо основні функції, що надають можливість загального керування процесу прийому і передавання даних у системі управління віддаленим об'єктом.

Розглянемо функцію, що здійснює виконання команди і передача кількості байт count з буфера, далі повертається статус регістру.

Вихідний код функції наданий далі.

```

unsigned char radio_write_buf(unsigned char cmd, unsigned char * buf, unsigned
char count) {
    unsigned char status;
    CSN(0);
    status = spi_send_recv(cmd);
    while (count--) {
        spi_send_recv(*(buf++));
    }
    CSN(1);
    return status;
}

```

Всередині функції двічі змінюється стан каналу CSN, що переводить систему радіоканалу у стан прийому або до стану передачі.

Нижче приведена функція, що здійснює зчитування однобайтового регістра reg, значення якого може бути від 0 до 31. Після роботи функції вона повертає значення даного регістру.

```

unsigned char radio_readreg(unsigned char reg) {
    unsigned char answ;
    CSN(0);
    spi_send_recv((reg & 31) | R_REGISTER);
    answ = spi_send_recv(0xFF);
    CSN(1);
    return answ;
}

```

Всередині функції також змінюється стан каналу CSN, що переводить систему радіоканалу у стан прийому або до стану передачі.

Наданий далі код функції виконує запис однобайтового регістра reg, значення якого може бути від 0 до 31. Після роботи функції вона повертає значення регістру статусу.

```
unsigned char radio_writereg(unsigned char reg, unsigned char val) {  
    unsigned char status;  
    CSN(0);  
    status = spi_send_recv((reg & 31) | W_REGISTER);  
    spi_send_recv(val);  
    CSN(1);  
    return status;  
}
```

Всередині функції також змінюється стан каналу CSN, що переводить систему радіоканалу у стан прийому або до стану передачі.

Вихідний код функції який наданий далі здійснює зчитування многобайтного регістру reg, та зберігає його до буферу buf. Після роботи функції вона повертає значення регістру статусу.

```
unsigned char radio_readreg_buf(unsigned char reg, unsigned char * buf, unsigned  
char count) {  
    return radio_read_buf((reg & 31) | R_REGISTER, buf, count);  
}
```

Основою функції є виконання логічних операцій та використання функції radio_read_buf().

					ІТ41.280БАК.002 ПЗ	Лист
						65
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Надана нижче функція здійснює операцію, що є зворотною попередньої функції. У цьому випадку записується count байт з буферу buf до многобайтного регістру reg (от 0 до 31). В результаті роботи повертається значення регістру статусу.

```
unsigned char radio_writereg_buf(unsigned char reg, unsigned char * buf,
unsigned char count) {
    return radio_write_buf((reg & 31) | W_REGISTER, buf, count);
}
```

Основою функції є виконання логічних операцій та використання функції radio_write_buf().

Дана функція виконує команду і повертає статус і особливого описання не потребує.

```
unsigned char radio_cmd(unsigned char cmd) {
    unsigned char status;
    CSN(0);
    status = spi_send_recv(cmd);
    CSN(1);
    return status;
}
```

7.4 Висновки до розділу

У цьому розділі було описано проект у середовищі програмування, його архітектуру та описані бібліотеки для периферійних пристроїв.

Були наведені декілька основних у реалізації проекту функцій та описані їх взаємодії із об'єктом.

					ІТ41.280БАК.002 ПЗ	Лист
						67
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Було спроектовано та зібрано СДУ для моделі автомобіля з додатковим функціоналом.

У ході підготовки до проектування було оглянуто актуальні та сучасні рішення, обрано різноманітну та функціональну елементну базу, яка дозволяє всесторонньо ознайомитися з програмуванням мікроконтролерів.

У ході проектування було розроблено схему структурну, функціональну, діаграму станів та сценарій використання. Схеми було розроблено у програмному забезпеченні Visio.

Для елементної бази СДУО було написано програму, яка включає в себе бібліотеки для роботи з периферійними пристроями СДУО. Бібліотеки для роботи з СДУО були написані у середовищі Keil мовою С.

В цілому СДУО придатний до вивчення і дослідження мікроконтролерів. Його можна розширювати та доповнювати новими пристроями, елементами.

					ІТ41.280БАК.002 ПЗ	Лист
						68
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Перелік посилань

1. MCP4725 Datasheet [Електронний ресурс]: Режим доступу:
<https://mirrobo.ru/micro/wp-content/uploads/2017/01/MCP4725>.
2. STM32F103 Datasheet [Електронний ресурс]: Режим доступу:
<http://www.st.com/resource/en/datasheet/stm32f103c8.pdf>.
3. nRF24L01 Datasheet [Електронний ресурс]: Режим доступу:
https://www.sparkfun.com/datasheets/Components/SMD/nRF24L01Pluss_Preliminary_Product_Specification_v1_0.pdf
4. UART и USART. COM-порт [Електронний ресурс]: Режим доступу:
http://www.rotr.info/electronics/mcu/arm_usart.htm
5. Широкополосные беспроводные сети передачи информации / В.М. Вишневский, А.И. Ляхов, С.Л. Портной, И.В. Шахнович - М.: Техносфера, 2005.
6. Кучерявый Е.А. Принципы построения сенсоров и сенсорных сетей / Е.А. Кучерявый, С.А. Молчан, В.В. Кондратьев // Электросвязь. 2006. №6 - С.10-15.
7. Общая характеристика микроконтроллеров AVR, ПРОГРАММНАЯ МОДЕЛЬ И СИСТЕМА КОМАНД [Електронний ресурс]: Режим доступу:
<https://studopedia.org/2-159378.html>
8. Общие характеристики микроконтроллеров фирмы Microchip [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://studfiles.net/preview/729757/>
9. STM32F103 [Електронний ресурс]: Режим доступу:
<http://www.st.com/en/microcontrollers/stm32f103.html?querycriteria=productId=LN1565>
10. Интерфейсная шина ИС (I2C) [Електронний ресурс]: Режим доступу:
<http://easyelectronics.ru/interface-bus-iic-i2c.html>

11. RL_ARM Manual [Электронный ресурс]: Режим доступа:
http://www.keil.com/product/brochures/rl-arm_gs.pdf
12. AVR221: Discrete PID controller [Электронный ресурс]: Режим доступа:
<http://www.atmel.com/images/doc2558.pdf>
13. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. Изд. третье/ В. Г. Олифер, Н. А. Олифер. - СПб.: Питер, 2006. 958 с.. WinFilter tool
<http://www.winfilter.20m.com/>
14. Фазовое регулирование [Электронный ресурс]: Режим доступа:
https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B5_%D1%80%D0%B5%D0%B3%D1%83%D0%BB%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5
15. Управление сетевым питанием с помощью PIC10F204 и симистором [Электронный ресурс]: Режим доступа:
<http://microchip.com.ru/Support/dimm.html>
16. Зображення STM32F. Режим доступу:
<https://www.chipdip.ru/product/stm32f100rbt6b-mcu-32-bit-arm-cortex-m3>
17. Зображення CH340G. Режим доступу:
<http://xn--80adsimce.xn--j1amh/programmatore-usb-2.0-uart-ttl-ch340g/>
18. Зображення зв'язку. Режим доступу:
<http://library.eltech.ru/files/vkr/2018/bakalavri/4305/2018%D0%92%D0%9A%D0%A0430502%D0%9F%D0%90%D0%92%D0%9B%D0%9E%D0%92.pdf>
19. Зображення FT232RL. Режим доступу: <https://www.mini-tech.com.ua/usb-uart-converter-na-chipe-ft232>
20. Зображення NRF24L01. Режим доступу: <https://www.amazon.in/REES52-NRF24L01-Wireless-Transceiver-Arduino/dp/0070923507>
21. Зображення GY-21. Режим доступу: <https://1topshop.org.ua/p621670407-htu21d-vlazhnost-datchik.html>
22. Зображення дисплею. Режим доступу: <https://ua.all.biz/displej-lcd-16x2-s-podsvetkoj-16-simovov-2-stroki-g3961194>

23. Зображення МСР4725. Режим доступу: <https://www.mini-tech.com.ua/12-bitniy-cap-modul-mcp4725>
24. Зображення ТТР229. Режим доступу: <https://prom.ua/p155852273-sensornaya-klaviatura-ttp229.html>
25. Зображення МКД 101. Режим доступу: <https://docplayer.ru/60776804-Sistema-distancionnogo-upravleniya-mkd-101-pasport.html>

Додаток А
Структурна схема

					ІТ41.280БАК.002 ПЗ	Лист
						72
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток Б

Функціональна схема

					ІТ41.280БАК.002 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		73

Додаток В
Схема підключення

					ІТ41.280БАК.002 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		74

Додаток Г
Сценарій використання

					ІТ41.280БАК.002 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		75

Додаток Д
Лістинг програми

}

					ІТ41.280БАК.002 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		76